

低温履歴を受けた CFRP 板接着鋼部材の曲げ付着特性

山口大学大学院 学生会員 ○原田雅也
 山口大学大学院 学生会員 糸瀬潤平
 株式会社 IHI インフラシステム 正会員 津田久嗣
 三菱樹脂株式会社 正会員 久部修弘
 山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1. はじめに

CFRP 板はコンクリートに比べて、軽量であり、弾性率・強度が高く、腐食しにくい。そのため、CFRP 板は鋼構造物の補修・補強にしばしば用いられる。しかし、CFRP 板と鋼では線膨張係数 (CTE) が大きく異なることから CFRP 板と鋼を接着した場合、温度変化に応じて接着面にすべりやはく離が生じる可能性が考えられる。既往の研究では、高温時の挙動に着目されたものが多く、低温下における CFRP 板の挙動を調べたものは少ない。これまでの研究において CFRP 板と鋼板の接着耐力は確認された。しかし、ここで用いられた薄片状の鋼板では、軸剛性・曲げ剛性が小さく、変形しやすいものであった。そこで、本研究では鋼板と比べて軸剛性・曲げ剛性が高い H 形鋼のはり部材 (以下、H 鋼) を用いて、これにエポキシ接着剤で CFRP 板を接着し、低温環境下での強度変化や変形挙動を求め、付着特性を把握することを目的とした。

2. 実験方法

(1) 供試体

本研究の供試体には、表-1 に示す H 鋼 (CTE: $12.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) と CFRP 板 (CTE: $0.30 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) を使用した。鋼構造物の補修・補強では、高強度タイプより高弾性タイプの CFRP 板が多用されているため、本研究ではこれを使用した。接着には、エポキシ接着剤を使用し、厚さ 1mm 程度になるよう塗布した。供試体は 30 日以上養生した。

(2) 温度履歴

供試体は冷凍庫内に静置し、常温から低温の 30°C の温度変化を 1 週間間隔で与えた。一供試体に貼付した熱電対を用いて計測した温度の履歴を図-1 に示す。

(3) 長期ひずみ計測

1 体の供試体のスパン中央・両端の下フランジ・CFRP 板にひずみゲージを貼り、温度変化によって生じるひずみを計測した。

(4) 曲げ载荷試験

図-1 に示す温度履歴を受けた供試体について暴露期間 0 日、28 日、84 日、168 日において、2 体ずつ曲げ载荷試験 (図-2) を行った。

(5) FEM 解析

3 次元 FEM ソフトウェア (midasFEA) を用いて、

表-1 材料寸法

| | 断面寸法 (mm) | 長さ (mm) |
|--------|-------------------|---------|
| H 鋼 | 100 x 100 x 6 x 8 | 1600 |
| CFRP 板 | 100 x 2 | 1600 |

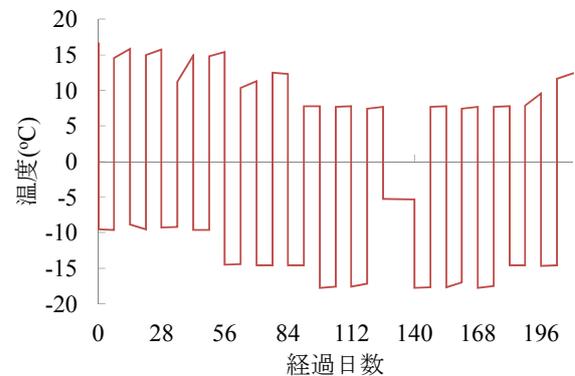


図-1 温度履歴

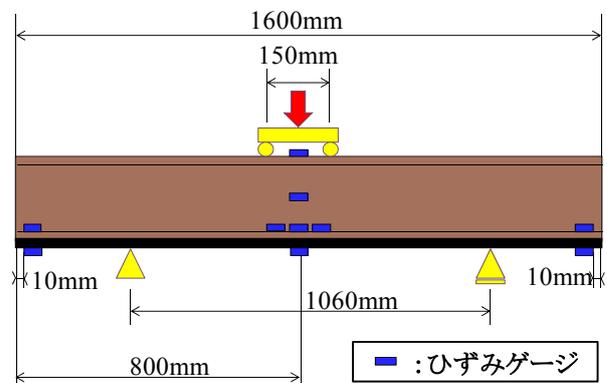


図-2 载荷実験概要

CFRP 板とH鋼の完全接着モデルについて曲げ荷重試験解析を行った。曲げモーメント 5kN・m 毎にひずみやたわみの解析値を求めた。

3. 結果と考察

(1) 長期ひずみ計測

供試体中央部，端部の 168 日までのひずみの計測結果をそれぞれ図-3，図-4 に示す。図-3 によると，低温時にはH鋼と CFRP 板のひずみに 50×10^{-6} 程度の差異がみられる。これはH鋼の線膨張係数が CFRP 板のそれより大きく，温度変化に伴い微小な曲げ変形が生じたためと考えられる。また，図-4 をよると，H鋼のひずみが CFRP 板のそれより大きくなっており，低温時の差異も大きくなっている。これは接着層のせん断変形が生じたものと推察される。しかしながら，常温まで回復すると両者のひずみの差異が小さくなっている。この結果から，常温から低温の 30°C の温度変化を長期におよんで繰り返し与えてもH鋼と CFRP 板の接着性能にはほとんど影響がないと考えられる。

(2) 曲げ荷重試験

168 日における曲げ荷重試験のスパン中央の曲げモーメントと各ひずみの関係を図-5 に示す。

図-5 によると，H鋼の上フランジ・下フランジのひずみは曲げ荷重に対して線形的に増加しているが，曲げモーメント $30\text{kN}\cdot\text{m}$ 付近で急変している。用いたH鋼の降伏ひずみは 1200×10^{-6} 程度であり，曲げモーメント $30\text{kN}\cdot\text{m}$ 以上の載荷荷重で降伏ひずみに達している。降伏後，H鋼の曲げ変形が大きくなり，CFRP 板との間ではく離が生じ始めたものと考えられる。

なお0日，28日，84日でも曲げ荷重試験を行ったが，ひずみと曲げモーメントの関係は168日曲げ荷重試験と同様な挙動を示した。

各曲げ荷重試験で得られた曲げ耐力を表-2 にまとめて示す。冷凍庫内に静置している期間によらず，曲げ耐力はほぼ一定の値を示している。この結果からも，常温から低温の 30°C の温度変化ではH鋼が降伏するまでは，H鋼と CFRP 板の間にはく離が生じず，低温の影響は小さいものと考えられる。

4. まとめ

長期ひずみ計測では，低温時の供試体端部でH鋼と CFRP 板の間にひずみ差が生じるが，常温時には両者のひずみの差異が小さくなりずれは生じていない。曲げ荷重試験では，長期間に断続的に温度変化を与えても曲げ耐力には変化がみられなかった。これらのことから，長期におよぶ低温履歴を受けた場合でも，H鋼と CFRP 板の接着性能にはおおよそ影響は小さく，十分な曲げ耐力が得られることがわかった。

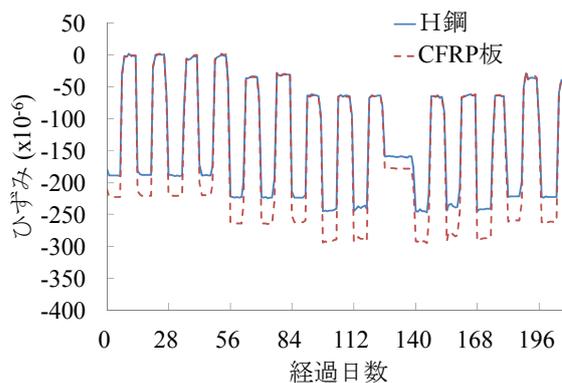


図-3 供試体中央のひずみ

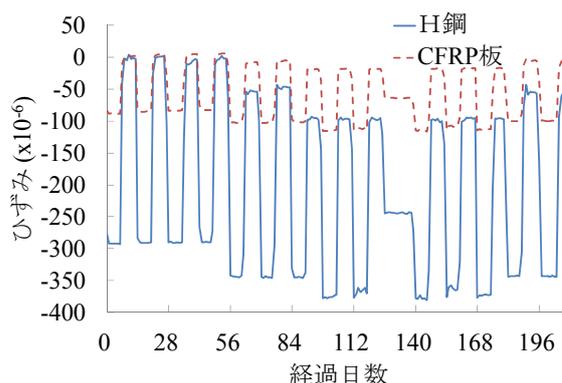


図-4 供試体端部ひずみ

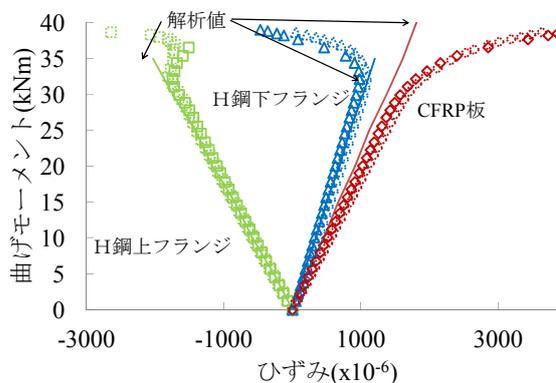


図-5 ひずみと曲げモーメントの関係

表-2 供試体の曲げ耐力

| 暴露期間 (日) | 0 | 28 | 84 | 168 |
|-------------|------|------|------|------|
| 曲げ耐力 (kN・m) | 36.7 | 38.9 | 38.9 | 39.1 |